蝶と蛾 *Trans. lepid. Soc. Japan* **47** (2): 118-122, June 1996

モンシロチョウ *Pieris rapae crucivora* Boisduval (Lepidoptera, Pieridae) 沖縄個体群の光周反応

橋本 健一

261 千葉市美浜区若葉 2-10-1 千葉県立衛生短期大学生物学研究室

Photoperiodic reaction of the Okinawa population in the white cabbage butterfly, *Pieris rapae crucivora* Boisduval (Lepidoptera, Pieridae)

Ken-ichi HASHIMOTO

Laboratory of Biology, Chiba College of Health Science,
2-10-1, Wakaba, Mihama-ku, Chiba, 261 Japan

Abstract In the Okinawa population of *Pieris rapae crucivora* Boisduval, the rate of pupal diapause was 44% under LD 10 : 14 hr, but under photoperiods ranging from LD 11 : 13 hr to 14 : 10 hr at 20±1°C, they all averted diapause. The duration of the pupal diapause in the Okinawa population was shorter than in the Tokyo one.

Key words *Pieris rapae crucivora*, photoperiodic reaction, photoperiod, diapause, Okinawa.

はじめに

モンシロチョウ *Pieris rapae crucivora* Boisduval は，かつては沖縄県には分布していなかったが，1958 年頃，沖縄本島に侵入し，定着した (長田・伊藤，1974). 現在は，夏季には一時的に姿を消すものの，1 年を通して冬でも発生を続け，年に 6-8 回の発生を繰り返している (福田他，1982，東他，1987).

一方，北海道や本州，九州産のモンシロチョウは一般に秋季に休眠蛹を形成して越冬する (福田他，1982). また，休眠誘起の光周反応については，Masaki (1955), Kono (1970), Yata *et al.* (1979) などの報告があり，短日条件下で休眠が誘起されることが知られている.

しかし，長田・伊藤 (1974) は沖縄県産のモンシロチョウの個体群動態についての研究の中で，野外で 12 月に蛹化した蛹も大部分は非休眠蛹であったことを報告している．また，東 (私信) は 1967 年の 1-2 月に約 200 個体のモンシロチョウ幼虫を自然条件下で飼育し，ほとんどが非休眠蛹を形成したことを観察している．これらの事実から，沖縄県産のモンシロチョウは北海道や本州，九州産などの個体群とは異なる光周反応を示すことが予測される．そこで，沖縄県産のモンシロチョウの光周反応について調査を試みたところ若干の知見が得られたので報告したい．また，東京都産のモンシロチョウの光周反応については，既に Kono (1970) による報告があるが，著者が追試をした結果を併せて報告し，沖縄県産モンシロチョウとの比較を試みた.

材料および方法

1994 年 3 月 31 日に沖縄県渡嘉敷島 (約 26°10′N) のキャベツ圃場で東京都八王子市立中山中学校鈴木斉教諭により採集されたモンシロチョウ雌成虫を入手し，プランター (64×38×深さ 20 cm) に植えたコマツナ苗に，金網蓋付ガラス円筒 (径 12 cm，高さ 18 cm) をかぶせ，雌成虫を 1 頭ずつその中に放し，ひなたに置いたところ 4 月 2, 3 日に 4 頭の雌成虫より約 200 卵を得た (以下沖縄個体群とよぶ). 卵を食草上に産付されたままの状態で室温下においたところ，4 月 7 日に卵の色の変色により発育が進んでいることが確認されたので，光周期を 10 時間明期 14 時間暗期 (LD 10 : 14)， LD 11 : 13, LD 12 : 12, LD 13 : 11, LD 14 : 10 とし，それぞれ温度を 20°C に調節した恒温器内に各 30-40

卵ずつ移した．4月12日には完全に孵化が終了していることが確認されたので，若齢期はガラス製ペトリ皿（径18 cm，高さ5 cm），中・終齢期は金網蓋付円筒形ガラス製飼育びん（経12 cm，高さ19 cm）内で，各容器あたり幼虫を15-20頭ずつ，食草としてケール *Brassica olreacea* var. *acephala* の新鮮な葉を与えて飼育した．その結果，4月25-30日にかけて蛹化したので休眠率を調べた．

なお，飼育中の照明には恒温器内上部と中段に各2本ずつとりつけた15 W白色蛍光灯を使用し，光周期は24時間式タイムスイッチで調節した．照度は恒温器内底部で約1700-1800 lxであり，恒温器内の相対湿度は約60-70% RHであった．

また，1992年6月4日に東京都小金井市（35°40′N）でモンシロチョウ雌成虫1頭を採集して，リシャール式採卵法により採卵し，6月5-6日に約170卵を得た（以下，東京個体群とよぶ）．これらを，LD 8:16, LD 10:14, LD 11:13, LD 12:12, LD 13:11で，いずれも温度を20°Cに調節した恒温器内で各30-40個体ずつ，前述と同様な方法で飼育した．その結果，6月26日-7月3日にかけて蛹化したので，休眠率を調べた．

さらに，休眠蛹の休眠期間を調べるために，沖縄個体群，東京個体群とも，LD 10:14（20±1°C）の条件下で得られた休眠蛹を蛹化後直ちに数個体ずつ腰高シャーレ（径9 cm，高さ7 cm）に入れ，全暗条件で温度を20°Cに調節した恒温器内におき，羽化までの日数を調べた．

結　　果

モンシロチョウ非休眠蛹は20±1°C・全暗の条件下で蛹化後11.4±0.9日（平均値±標準偏差，以下同様）で羽化する（橋本，1993）．

今回調べた沖縄個体群では，LD 14:10, LD 13:11, LD 12:12, LD 11:13の各条件下で得られた蛹は
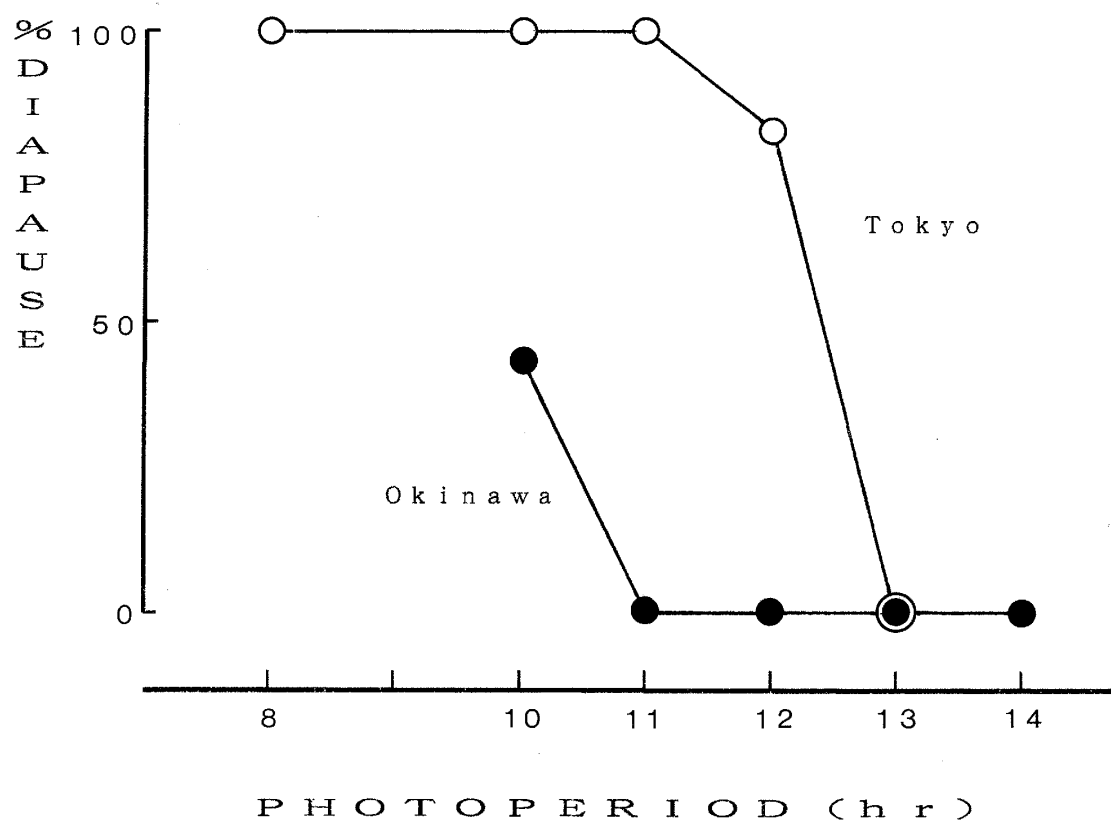
Fig. 1. The relationship between larval photoperiod and percentage of diapausing pupae at 20±1°C in the Okinawa (●) and Tokyo (○) populations of *Pieris rapae crucivora*. Sample size for each plot is between 15 and 40.

Table 1. Pupal period of diapausing individuals in the Okinawa and Tokyo populations of *Pieris rapae crucivora*. Larvae were reared under LD10 : 14 hr at 20±1°C. Pupae were kept at 20±1°C under continuous darkness condition after pupation.

Populations	Range (days)	Mean±S.D. (days)	No. pupae examined
Okinawa[1)]	34–72	49.5*±12.1	12
Tokyo[2)]	64–115	80.3*±14.9	20

[1)]Progeny derived from females obtained in Tokashiki I., Okinawa Pref.
[2)]Progeny derived from a female obtained in Koganei, Tokyo Pref.
*Means are significantly different ($P<0.05$ by t-test).

すべて，20±1°C•全暗の条件下で蛹化後 7–14 日以内に羽化したので，すべて非休眠蛹であると判断された．しかし，LD 10 : 14 の条件下で得られた蛹の中には蛹化後 14 日以上を経ても羽化の兆候が現れないため休眠蛹と判断されたものが含まれ，休眠率は 44.4% であった (Fig. 1).

一方，東京個体群では，20±1°C・LD 13 : 11 の条件下で得られた蛹はすべて非休眠蛹であったが，LD 12 : 12 では休眠率は 84.8% であり，LD 11 : 13 以下ではすべて 100.0% であった．これらの結果から，今回の実験に用いた東京個体群の臨界日長は 12 時間と 13 時間の間にあり，グラフから求めた 50% 休眠誘起の臨界日長は約 12 時間 20 分と推定された (Fig. 1).

また，LD 10 : 14 の光周条件下で得られた休眠蛹の，20±1°C・全暗条件での休眠期間は，沖縄個体群が 49.5±12.1 日，東京個体群が 80.3±14.9 日であり，有意に沖縄個体群で短かった (Table 1).

考　　察

モンシロチョウの蛹休眠誘起の臨界日長は，既に Kono (1970) が東京個体群 (35°39′N) を用い，20°C で約 12 時間 10 分であることを報告しており，今回，著者が調べた東京個体群でも約 12 時間 20 分 (20±1°C) とほぼ同様の結果が得られた (Fig. 1)．また，Yata *et al.* (1979) が報告した福岡個体群 (33°25′N) では約 11 時間 (20°C) と短かった．一方，沖縄個体群では LD 10 : 14 の条件下でも休眠率は 50% に達せず，臨界日長は 10 時間以下になると推定された (Fig. 1)．このように，臨界日長に緯度に応じた変異があることはいくつかの昆虫で知られ，緯度が高い地域の個体群のほうが臨界日長は長い (Danilevsky *et al.*, 1970).

Ichinosé & Negishi (1979) は，クロアゲハの本土亜種 *Papilio protenor demetrius* と八重山亜種 *P. p. liukiuensis* の光周反応を比較し，*P. p. demetrius* の東京個体群 (約 35°41′N) では，臨界日長は約 13 時間 47 分であるのに対し，*P. p. liukiuensis* の西表島個体群 (約 24°20′N) では臨界日長は約 12 時間 27 分と短くなり，しかも，短日条件下でも 100% の休眠率は得られないことを報告した．

また，シロオビアゲハ *P. polytes polytes* の石垣島個体群の場合も臨界日長は約 12 時間 13 分であり，クロアゲハ八重山亜種と同様，短日下でも 100% の休眠率は得られない (Ichinosé & Negishi, 1979).

今回，調べたモンシロチョウ沖縄個体群の場合は，LD 10 : 14 の条件下でも休眠率は 50% に達しなかったので，前述の西表島産のクロアゲハや石垣島産のシロオビアゲハよりさらに休眠性は弱いと考えられる (Fig. 1).

次に，沖縄での野外の日長条件をみると，沖縄県那覇市での冬至の頃の日の出から日の入りまでの日長時間は約 10 時間 30 分であり (理科年表，1995)，薄明・薄暮の時間を約 30 分として加算すると (Beck, 1968)，冬至の頃の明期は約 11 時間となる．今回の実験では，LD 11 : 13 (20°C) の条件下での休眠率は 0% であったので (Fig. 1)，沖縄の野外の日長条件では休眠は誘起されないと考えられ

る．また，温度条件も最寒月の1月でも平均気温は約16°Cである（理科年表，1995）．モンシロチョウ沖縄個体群の発育限界温度はまだ調べられていないが，香川県産のモンシロチョウで調べられた幼虫期の発育限界温度が約8.2°C，蛹期は約11.1°C（松沢，1958），東京産のモンシロチョウでは蛹の発育限界温度は約6.5°Cであること（橋本，1993）などから考えると，冬季でも発育に必要な温量は得られるものと推定される．

しかし，一般に，温度が低下すると臨界日長は長くなることが知られているので（Danilevsky, 1961），長田・伊藤（1974）や東（私信）が確認しているように冬季にわずかながら休眠蛹が生じたのは温度条件に起因するとも考えられるが，今後の検討を待ちたい．

次に，全暗・20°Cの条件下での休眠期間を沖縄個体群と東京個体群で比較すると前者で有意に短かった（Table 1）．このことから，沖縄個体群では仮に休眠に入ったとしても比較的早く休眠を終了させることができると考えられる．同様な傾向はクロアゲハの八重山亜種と本土亜種との間でも知られており，本土亜種のほうが休眠期間が長い（Ichinosé & Iwasaki, 1979）．休眠蛹が恒温下で自発的に目覚めるまでの期間は休眠の深さを表わす指標と考えてもよいとされているので（石井，1986），モンシロチョウの沖縄個体群は浅い休眠を持つといえよう．

これらの休眠性の低下や浅い休眠といった生活史特性の獲得が，本種が沖縄県で定着し，冬の間も発生を続けることを可能にしていると考えられ，モンシロチョウの沖縄個体群の生活史は亜熱帯地域での季節変化に適応したものといえよう．

最後に，モンシロチョウ沖縄個体群のもつ生活史特性が，沖縄県への侵入後に獲得されたものか，あるいは，そのような特性を既にもつ個体群が侵入・定着したのかという問題が残る．

帰化昆虫であるアメリカシロヒトリ *Hyphantria cunea* の侵入時の個体群は，年2化で，蛹休眠誘起の臨界日長は25°Cの条件下で約14時間30分であることが報告されている（伊藤，1972）．

しかし，日本の南部地域では年3化を可能にするだけの有効温量があり，実際に，神戸，和歌山の個体群は年3化であると同時に，臨界日長も，侵入時の個体群より短いことが報告されている（Gomi & Takeda, 1991）．Gomi & Takeda (1991) は，このような臨界日長の変化は，本種の地理的適応が日本への侵入後40年以上を経る中で化性の変化と結びついて形成されたか，形成されつつあることを示唆するものであると述べている．

一方，既に述べたように，モンシロチョウ沖縄個体群は侵入約10年後の1967年，1-2月の飼育観察ではわずかの休眠蛹しか生じなかった（東，私信）．また，長田・伊藤（1974）も12月に蛹化した蛹でも大部分は非休眠であったことを報告している．これらの事実から，この頃既に，沖縄県のモンシロチョウは現在と同様な発生経過を持っていたと推定される．

モンシロチョウ沖縄個体群の生活史特性がどのようにして獲得されたかについては目下のところ推論も難しいが，宮崎市のように，11月から翌年1月にかけての期間でも成虫がみられる地域もある（松沢，1958）．また，川床（1986）は，鹿児島市では年9化で蛹で越冬するのが普通であるが，幼虫で越冬する個体もあること，冬から春にかけて蛹化した蛹のうち，11月上旬から1月中旬頃までに蛹化したものは休眠蛹となり，2月下旬以降に蛹化したものは非休眠蛹となったが，その間の1月下旬から2月中旬までに蛹化したものは休眠蛹と非休眠蛹が混在していたと報告している．これらのように，九州南部では沖縄県と同様に冬でも成虫や幼虫がみられるようであるが，少なくとも鹿児島市では休眠蛹が形成される時期があり（川床，1986），今後，これらの地域の個体群の光周反応についても検討をした上で考察を進めていきたい．

謝　　辞

稿を終えるにあたり，沖縄県渡嘉敷島でモンシロチョウ雌成虫を採集し，快く提供された東京都八王子市立中山中学校鈴木斉教諭，また，沖縄県のモンシロチョウに関して種々御教示いただいた琉球大学農学部教授東清二博士に深甚なる謝意を表する．さらに，実験を進める上で多大な援助を与えられた東京学芸大学教育学部教授北野日出男博士，東京都武蔵野市野外活動センター須田孫七氏，千葉県立衛生短期大学生物学研究室飯島和子助手に厚くお礼申し上げる．

引用文献

東 清二・堀口繁久・金城政勝・湊 和雄・村山 望・上杉兼司, 1987. 沖縄昆虫野外観察図鑑第1巻鱗翅目(チョウ類・ガ類). 252 pp. 沖縄出版, 沖縄県.
Beck, S. D., 1968. *Insect Photoperiodism*. 288 pp. Academic Press, New York and London.
Danilevsky, A. S. (著), 日高敏隆・正木進三 (訳) 1966. 昆虫の光周性. 293 pp. 東京大学出版会, 東京.
Danilevsky, A. S., Goryshin, N. I. and V. P. Tyshchenko, 1970. Biological rythms in terrestrial arthropods. *A. Rev. Ent.* **15**: 201-224.
福田晴夫・浜 栄一・葛谷 健・高橋 昭・高橋真弓・田中 蕃・田中 洋・若林守男・渡辺康之, 1982. 原色日本蝶類生態図鑑 (I). 277 pp. 保育社, 東京.
Gomi, T. and M. Takeda, 1991. Geographic variation in photoperiodic responses in an introduced insect, *Hyphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Arctiidae) in Japan. *Appl. Ent. Zool.* **26**: 357-363.
橋本健一, 1993. モンシロチョウ *Pieris rapae crucivora* Boisduval (Lipidoptera: Pieridae) の越冬に関する一観察, 特に蛹休眠消去に及ぼす温度と光周期の影響. 千葉県立衛生短期大学紀要 **11** (2): 3-7.
Ichinosé, T. and N. Iwasaki, 1979. Pupal diapause in some Japanese papilionid butterflies III. The difference in the termination of diapause between the two subspecies of *Papilio protenor* Cramer and their development. *Kontyû* **47**: 272-280.
Ichinosé, T. and H. Negishi, 1979. Pupal diapause in some Japanese papilionid butterflies II. The difference in the induction of diapause between the two subspecies of *Papilio protenor* Cramer. *Kontyû* **47**: 89-98.
石井 実, 1986. アゲハチョウ類ー北上と季節適応. 桐谷圭治 (編), 日本の昆虫・侵略と攪乱の生態学: 24-32. 東海大学出版会, 東京.
伊藤嘉昭, 1972. アメリカシロヒトリ. 185 pp. 中央公論社, 東京.
川床正治, 1986. 鹿児島市およびその周辺におけるモンシロチョウの生態. 昆虫と自然 **21** (5): 30-31.
Kono, Y., 1970. Photoperiodic induction of diapause in *Pieris rapae crucivora* Boisduval (Lepidoptera, Pieridae). *Appl. Ent. Zool.* **5**: 213-224.
Masaki, S., 1955. On the pupal diapause of *Pieris rapae* Linné (Lepidoptera: Pieridae), with special reference to the effect of temperature on its elimination. *Jap. J. appl. Zool.* **20**: 98-104.
松沢 寛, 1958. アオムシコマユバチの生態に関する研究. 香川大学農学部紀要 **3**: 1-105.
長田 勝・伊藤嘉昭, 1974. 沖縄県に侵入したモンシロチョウの個体群動態I. 冬世代および春世代. 日本応用動物昆虫学会誌 **18**: 65-72.
Yata, O., Shima, H., Saigusa, T., Nakanishi, A., Suzuki, Y and A. Yoshida, 1979. Photoperiodic response of four Japanese species of the genus *Pieris*. *Kontyû* **47**: 185-190.

Summary

The photoperiodic induction of diapause was studied comparatively in two populations of *Pieris rapae crucivora* Boisduval from Tokashiki I., Okinawa Pref. and Koganei, Tokyo. Their larvae were reared in different photoperiods ranging from LD 8 : 16 hr to 14 : 10 hr at 20±1°C. Their photoperiodic curves of diapause incidence were markedly different from one another. In the former, the rate of diapause was 44% under LD 10 : 14, but under photoperiods ranging from LD 11 : 13 to 14 : 10, they all averted diapause. On the other hand, in the latter, the rate of diapause was 100% under photoperiods ranging from LD 8 : 16 to 11 : 13, and 84.8% under LD 12 : 12. The critical photoperiod in the latter, was about 12 hr 20 min.

When diapausing pupae were kept under continuous darkness conditions, adult emergence was apparently accelerated in the Okinawa population, ranging from 34 to 72 days after pupation. Those of the Tokyo population ranged from 64 to 115 days after pupation. Thus the duration of the pupal diapause in the Okinawa population was shorter than in the Tokyo one.

(Accepted February 6, 1996)

Published by the Lepidopterological Society of Japan,
c/o Ogata Building, 2-17, Imabashi 3-chome, Chuo-ku, Osaka, 541 Japan